

足球比赛数据可视分析

曹安琪^{1,2}, 陈泓宇², 谢潇², 巫英才^{1,2}

1. 之江实验室, 浙江 杭州 310012;

2. 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室, 浙江 杭州 310058

摘要

足球比赛数据可视分析能够帮助足球数据分析师清晰直观地发现比赛中隐藏的规律,吸引了众多研究人员的关注。首先对现有的足球比赛数据可视分析工作进行阐述,按照数据类别将其分为基于统计数据的分析、基于事件数据的分析、基于轨迹数据的分析;然后进一步讨论了足球比赛数据可视分析当前面临的挑战;最后对未来发展方向进行了展望。

关键词

足球比赛分析;数据分析;可视分析

中图分类号:TP31

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2021012

Visual analysis for soccer match data

CAO Anqi^{1,2}, CHEN Hongyu², XIE Xiao², WU Yingcai^{1,2}

1. Zhejiang Lab, Hangzhou 310012, China

2. State Key Lab of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Abstract

Visual analysis for soccer match data can help soccer data analysts gain hidden insights in matches clearly and intuitively, which has attracted attention of a number of researchers. Firstly, current works on visual analysis for soccer match data were surveyed. According to data type, the works can be divided as statistic-based analysis, event-based analysis, and trajectory-based analysis. Secondly, the current facing challenges of visual analysis for soccer match data were discussed further. Finally, directions for future development were prospected.

Key words

soccer match analysis, data analysis, visual analysis

1 引言

足球是世界上非常受欢迎的运动之一,在全球范围内吸引了众多的参与者。成千上万的职业足球运动员参与到专业的足球比赛中,许多重大的足球赛事(如国际足联世界杯等)受到数以百万计的球迷的关注。可视分析技术能够对分析的流程和结果进行清晰直观的展示,并支持用户对数据进行交互式的探索,被广泛应用到不同领域的数据分析中。

在体育数据可视分析领域中,足球比赛数据的可视分析吸引了众多研究人员的关注。例如,ESPN和WhoScored等足球比赛数据网站大量采用图标和时间轴等可视化元素对比赛过程进行展示,采用柱状图和雷达图等统计图表对球员统计数据进行比较分析。在专业的足球比赛数据分析中,定制的可视分析系统被广泛采用,其可以帮助数据分析师对比赛形势以及比赛中采取的战术进行直观的分析 and 探索。

足球比赛数据主要包括统计数据、事件数据、轨迹数据等。针对不同的比赛数据类型,相关的可视分析工作可以按照分析任务分为不同的类别。例如针对统计数据,可以分为比赛排名的可视化分析和统计指标的可视化分析等;针对事件数据,可以分为关键事件的可视分析和传球事件的可视分析等;针对轨迹数据,可以分为比赛视频的可视分析、比赛时空轨迹的可视分析、比赛阵形的可视分析等。

2 足球比赛数据

本节主要对现有的足球比赛数据类型进行阐述,并总结常用的足球数据采集方

法。足球比赛常用的数据类型包括统计数据、事件数据、轨迹数据等。早期足球比赛数据分析工作主要关注对统计数据的分析,由于近年来足球细粒度数据采集技术的发展,近期足球比赛数据分析工作逐渐关注对事件数据和轨迹数据的分析。后文将对上述数据类型分别进行具体介绍。

2.1 统计数据

体育比赛中的统计数据主要指某项运动中的基本统计数据。在足球比赛领域中,统计数据可以分为针对球队的统计数据和针对球员表现的统计指标。其中,针对球队的统计数据主要包括每场比赛的进球数、失球数、射门次数、犯规次数、红牌和黄牌次数、越位次数、角球次数、扑救次数等,也包括每场比赛后球队的净胜球数、球队积分、球队排名等。针对球员的统计数据主要包括出场次数、进球数、助攻数、红牌和黄牌次数、跑动距离、冲刺距离等。

足球比赛中统计数据的获取方式较多,许多常用的足球数据网站(ESPN、WhoScored等)会公布各个联赛的积分排名状况以及热门球队和热门球员的详细统计数据,数据分析人员可以从网站上直接获取数据。同时,大多数比赛的直播视频中会展示两支球队在某场比赛中的统计数据,数据分析人员可以在比赛直播视频中直接记录对应的统计数据值。

2.2 事件数据

体育比赛中的事件数据主要指某一时刻发生的具体事件,相对于统计数据,其粒度更细,同时包含了比赛过程中的时空信息。具体到足球比赛中,事件数据主要用于描述球员之间的传球、带球、犯规等行为。分析人员可以通过对事件数据的分

析了解球队采取的战术等信息,获得有价值的结论。

对于某一场足球比赛,常见的事件数据主要是比赛中发生的事件记录。其中每条事件记录包括该事件发生的时间戳、事件类型、该事件对应的球员、该事件发生的空间位置等信息。常见的基本事件类型包括传球、带球、射门、进球、犯规等,也可以针对分析需求对基本事件类型进行更加细致的分类。例如,最常见的传球事件记录通常包括传球事件类型、传球发生的时间、传球球员、接球球员、传球球员所在的空间位置、接球球员所在的空间位置、其他详细信息等。

足球比赛数据分析工作中的事件数据主要来自商业足球数据公司(Wyscout、Opta等),或采用定制的数据采集系统手动采集。商业足球数据公司能够提供大量详细且全面的足球比赛事件数据,但缺点是数据购买成本较高。研究人员通常也开发足球比赛数据采集系统,通过提供交互式界面,帮助采集人员手动标注比赛直播视频中的事件,数据采集人员也可以使用交互式的系统记录比赛中的事件,标记该事件发生的位置以及事件类别等信息。该方法的缺点是需要多名采集人员对数据进行标注,并且手工标注的效率较低,费时费力。也可以采用计算机视觉等技术对采集流程进行改进,以降低数据采集人员的工作量。数据分析人员可以根据不同的分析需求选择不同的数据获取方式。

2.3 轨迹数据

体育比赛中的轨迹数据主要指比赛中球员的跑动轨迹和球的运行轨迹,其包含了比赛中最详细的信息。在足球比赛中,轨迹数据包括不同时刻每个球员在球场上的位置坐标以及球的位置坐标。分析人员

可以对轨迹数据进行多角度的分析,也可以通过数据挖掘等技术发现比赛中球员跑动的规律,得到与比赛战术有关的见解。

某一场足球比赛中的轨迹数据主要包括比赛中每个时间戳上两队球员所处位置的二维坐标,以及球所处位置的二维坐标。足球比赛数据分析中采用的轨迹数据主要来自商业数据公司(Prozone等)、GPS采集、视频标注系统采集等。与事件数据相同,来自商业数据公司的轨迹数据质量较高,但获取成本同样较高。系统采集的方法主要包括手动采集和半自动采集等。其中,手动采集的采集工作量较大,采集时间较长。因此,研究人员将计算机视觉技术引入足球轨迹数据采集流程中,采用计算机视觉技术识别球场上每个运动员的位置,同时支持数据采集人员进行手动调整和纠正,以提高数据采集的效率。

针对足球阵形变化可视分析,Wu Y C等人^[1]提出了一种可视分析系统ForVizor,详细介绍了一种半自动足球比赛轨迹数据采集的方法。该方法采用粒子滤波技术进行球员位置追踪和阵形检测。系统采用基于颜色直方图和粒子滤波的交互式球员追踪方法,这是计算机视觉中常用的跟踪方法。首先,采集人员选择足球比赛视频第一帧中的特定球员作为跟踪目标,被跟踪的球员的位置显示在球场中,采集人员可以在采集过程中进行确认。跟踪将在3种情况下停止。第一种是跟踪目标的切换。当采集人员发现跟踪框从目标球员转移到另一个球员上时,可以停止跟踪,单击修改按钮,重新单击目标球员进行校正。第二种是跟踪目标的遮挡。目标球员在比赛过程中可能会被完全遮挡,这时采集人员可以手动设置球员位置。最后一种是跟踪结果的置信度。对于跟踪的每一帧,粒子滤波算法都会计算跟踪结果的置信度。如果置信度低于预先设置的阈值,则系统将停

止跟踪,并请求手动更正。系统进一步将球员跟踪结果映射到二维平面,以获取球员在球场上的二维坐标。

3 足球比赛数据可视分析

本节主要对现有的足球比赛数据可视分析工作进行总结。根据不同的数据类型,其可被分为基于统计数据的分析、基于事件数据的分析、基于轨迹数据的分析。

3.1 基于统计数据的分析

大多数基于统计数据的分析工作主要关注比赛排名以及统计指标的可视化。其中,比赛排名的可视化通常采取基于折线图的方法来展示排名的变化,统计指标的可视化通常采取统计图表等可视化形式进行展示和对比。

3.1.1 足球比赛排名的可视化

在足球联赛中,每场比赛后球队的积

分和排名会发生变化。目前的比赛排名通常通过表格呈现,表格中包括球队排名以及对应的积分等统计信息。然而简单的表格展示方法很难表现球队之间积分的差距以及其随比赛轮次的变化。因此,对足球比赛积分和排名的变化进行有效的展示对于足球分析师来说是十分重要的。Perin C等人^[2-3]在2014年和2016年分别提出了A table!和Gap Charts,利用二者对足球比赛排名的变化进行可视化。其中,A table!采用折线图的形式展示球队积分和排名的变化。如图1所示,Gap Charts对传统的折线图方法进行了改进,用行之间的空隙表示分数大小,可以清晰地看出球队之间的积分差距。

Perin C等人^[4]在2016年提出了对用户预测足球锦标赛结果进行交互和可视化的系统。该系统支持用户选择在比赛中胜出的球队,并通过不同阶段比赛轮次的展示,对用户的选择过程进行直观的可视化。用户可以通过该系统交互式地选择自己在每个比赛阶段的预测结果,并生成对应的可视化图表进行交流和展示。2015年

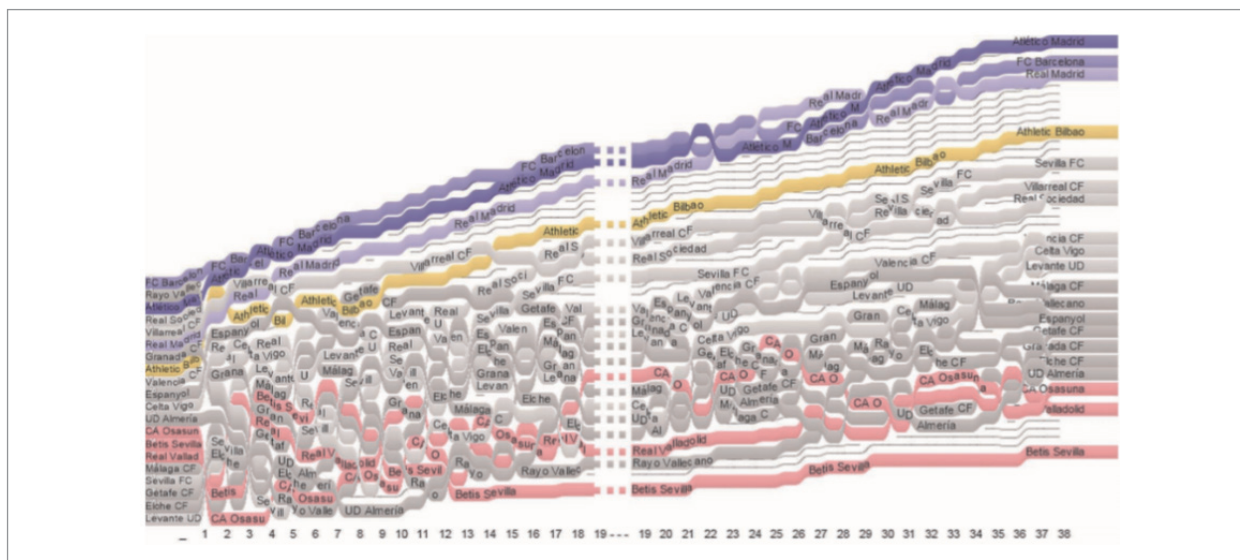


图1 Gap Charts 对足球比赛排名的可视化^[3]

Vuillemot R^[5]等人采用折线图的形式对比赛排名变化进行展示。

3.1.2 足球比赛中统计指标的可视化

在足球比赛中, 球员的统计指标可以在一定程度上反映球员在比赛中的表现, 因此经常被足球分析师用于比赛分析。如图2所示, Rusu A等人^[6]在2010年提出了对球员统计指标进行可视化的系统Soccer Scoop。系统中的可视化图表分别采用了足球场和球员的隐喻(可视化中的隐喻指将可视化元素与有特定含义的图形结合, 进行更加形象的数据表达), 将球员的不同统计指标编码到球场的不同位置以及球员的不同身体部位上。图2中, 右侧图片展示的基于球员隐喻的统计图表采用不同身体部位的颜色对具体的统计指标数值进行编码。系统提供了球员之间互相比较的功能, 分析师可以通过不同的统计指标比较不同球员的技术特点。Rusu A等人^[7]在2011年将Soccer Scoop扩展到足球比赛中守门员的统计指标分析。改进后的系统同样采用基于隐喻的方法对守门员不同方面的统计指标

进行编码。通过Soccer Scoop, 分析师可以清晰直观地对足球运动员的统计指标进行评估和比较。

针对足球比赛统计指标的可视化, Ryoo M等人^[8]在2018年设计了正方形图标对球员的统计指标进行编码, 其中图标大小表示统计指标的值, 图标颜色表示统计指标所属的类别, 并设计了环形的地平线图(horizon graph)展示球队整体的统计指标。Cava R等人^[9]在2013年采用矩阵的形式对球员在比赛中的统计指标进行了直观的展示和分析。

3.2 基于事件数据的分析

基于事件数据分析的工作主要关注足球比赛中关键事件以及比较细粒度的传球事件的可视分析。在足球比赛中, 相似的传球序列可以表示球队采取的进攻战术, 因此受到了研究人员的关注。目前的工作通常将足球比赛中的传球序列抽象为事件序列, 采用聚类数据挖掘算法获取相似事件序列的集合, 针对领域需求和算法设计相应的可视分析系统。

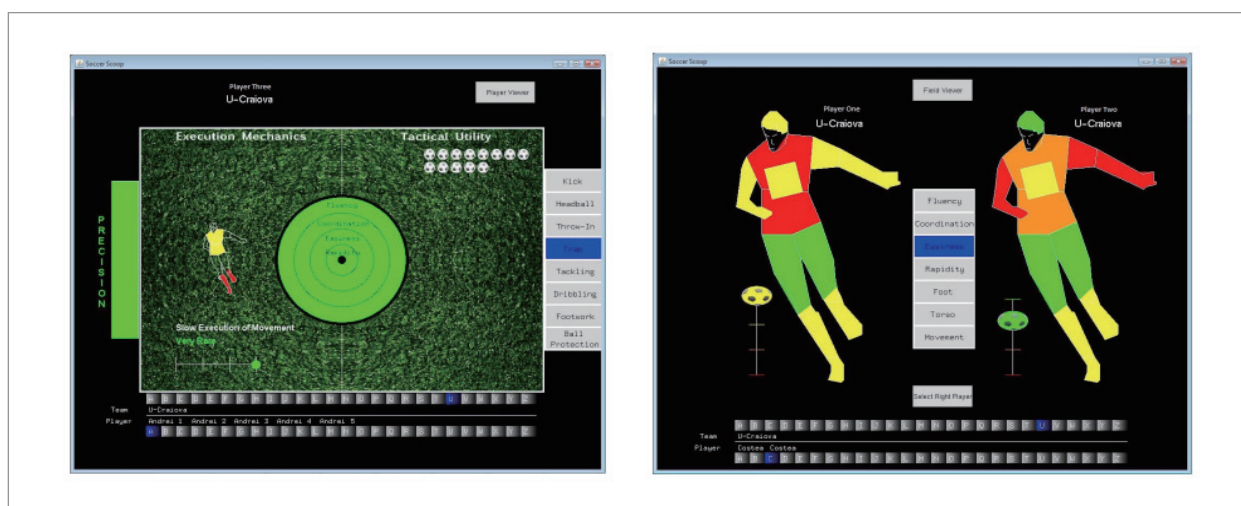


图2 Soccer Scoop的可视化界面^[6-7]

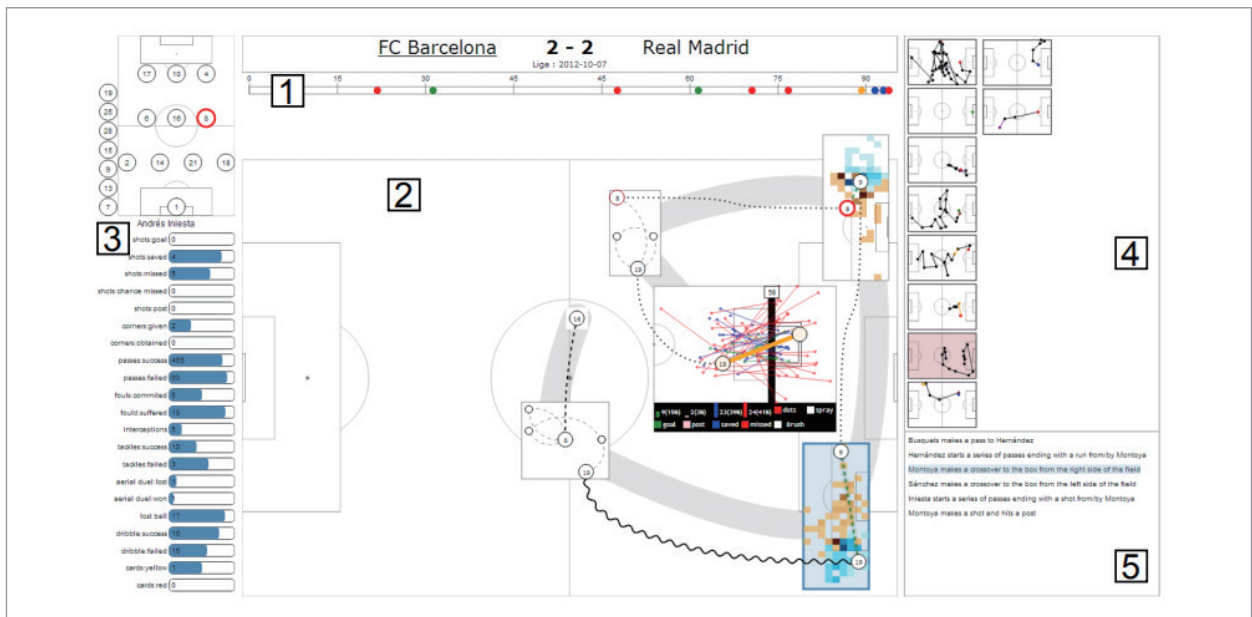


图 4 SoccerStories 的系统界面^[11]

Stein M等人^[12]在2016年提出了通过比赛中的传球等事件数据对球队战术进行分析的可视分析系统。该系统首先通过比赛中传球事件的属性对球场上每个区域的进攻威胁性进行评估,并采用基于热力图的形式在球场上进行编码。同时,为了对球队采取的战术进行分析,系统将相似的传

球序列进行聚类,得到位置上相似的传球序列,并采用小图标 (small multiple) 的形式对每个聚类进行可视化。图5所示为对比赛中前场定位球战术的聚类结果进行的可视化,其中每个矩形的大小表示该战术出现的数量。

Gonçaves B等人^[13]在2017年提出了

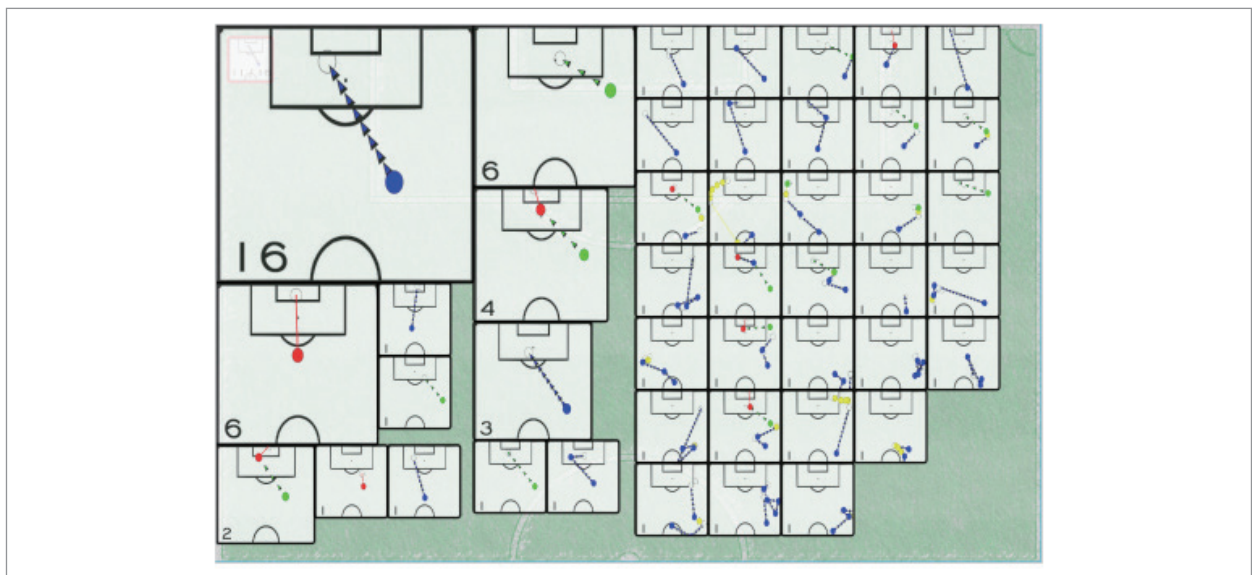


图 5 前场定位球战术的聚类结果可视化^[12]

基于传球网络的可视化分析足球比赛的方法。该方法采用传球网络对比赛中的传球事件进行分析,传球网络中的每个节点表示一个球员,连接两个节点的边表示两个球员在比赛中的传球事件。该方法通过计算传球网络中的节点中心度等属性对球队战术进行分析,并对球员之间的传球以及球员位置进行可视化。如图6所示,对足球比赛中的传球网络进行可视化,图6(a)展示了传球网络的结构,节点颜色表示节点中心度大小,边的颜色表示传球频率大小;图6(b)展示了球员的位置,节点的颜色表示球员活动区域,边的颜色表示球员活动规律性。其中节点的面积表示节点中心度等与球员相关的属性的大小,边的宽度表示球员之间传球得分等属性的大小。

足球分析师希望能够从传球事件的角度了解有价值的进攻模式,同时,揭示传球模式的动态变化能够帮助教练员进行

策略调整。可视分析系统PassVizor^[14]采用一种基于主题模型的方法对有相同球员出现的传球事件序列进行挖掘,并通过可视化的形式展示传球模式的动态性。如图7所示,PassVizor的可视化界面由两个视图构成,分别为变化视图(evolution view)和传球序列视图(phase view)。其中,变化视图采用热力图的形式对每个传球模式提供概览,并采用圆点表示比赛中采用的传球模式,由此可以总结出比赛中传球模式随时间的变化。分析师也可以选择感兴趣的传球模式,查看某个传球模式中包含的详细序列信息,如球员在阵形中的位置以及传球位置等。传球序列视图主要对分析师感兴趣的传球序列进行详细的展示和分析,主要包括详细的传球过程以及传球统计数据和球员统计数据。同时,系统采用新设计的图标对传球结果、空间环境、球员身份进行清晰直观的展示。

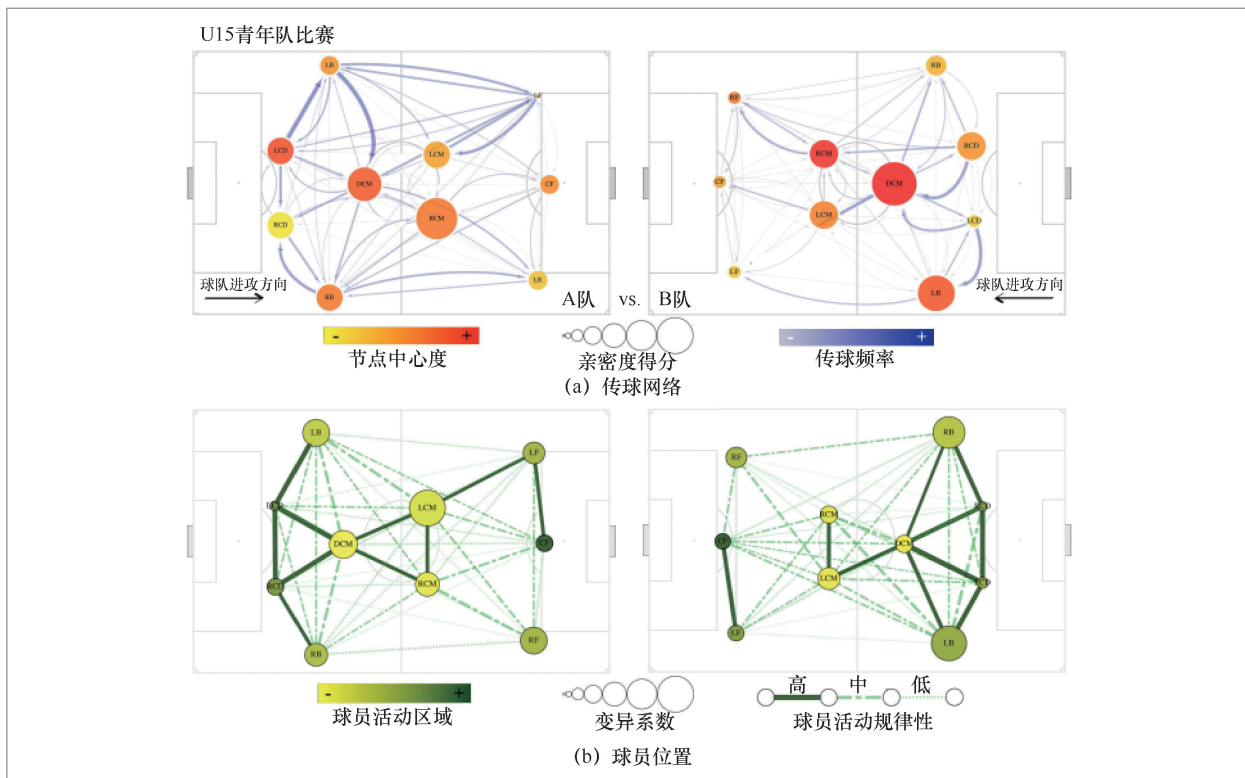


图6 足球比赛中传球网络的可视化^[13]

3.3 基于轨迹数据的分析

基于轨迹数据分析的工作主要关注比赛视频的可视分析、时空轨迹的可视分析、比赛阵形的可视分析等。轨迹数据是足球比赛中最细粒度的数据,因此吸引了众多研究人员的关注。其中,比赛视频的可视分析主要采用视频剪辑和视频增强等方法对球员轨迹的相关数据进行直观的展示。时空轨迹可视分析的工作较多,主要包括轨迹的筛选和聚合,以及后续的可视化。足球比赛中的阵形可以表示球队采取的高级战术。通过对比赛过程中阵形的变化进行分析,可以了解战术的变化规律。

3.3.1 足球比赛视频的可视分析

足球数据分析师通常通过比赛视频对球队进行分析。因此,将可视分析技术与比赛视频结合起来,能够帮助足球分析师更好地从比赛视频中得到有价值的结论。Stein M等人^[15]提出了Director's Cut,研

究了如何恰当地转换和可视化地表示足球比赛视频数据,从而帮助足球分析师检测到关键的比赛模式,并进一步评估单个球员或多个球员。Director's Cut支持视频分析师利用可视分析方法和半自动技术分析足球比赛。该系统通过一个可调整的基于规则的选择引擎来加速对特定情况的过滤,减少了数据分析师的工作量。系统首先产生带有自动标注的视频剪辑,视频分析师可以进一步编辑这些标注结果。系统提供了有效的自动标注方法,以启发式、主题相关方式,解决足球比赛分析的3个基本问题(交互空间、自由空间、传球选择),与基于规则的标注一起,增强并加快了手动交互式分析和标注过程。

Stein M等人^[16]提出了一种通过将可视化图标绘制在比赛视频中的方法Bring it to the Pitch,在团队运动分析领域提供了有效的可视分析手段。该工作实现了一种计算机视觉技术,能从比赛视频中提取球员位置,捕捉球员运动数据,并将球员位置映射到二维平面上。该工作进一步设计了定制的可视化图标,并根据比赛分析师

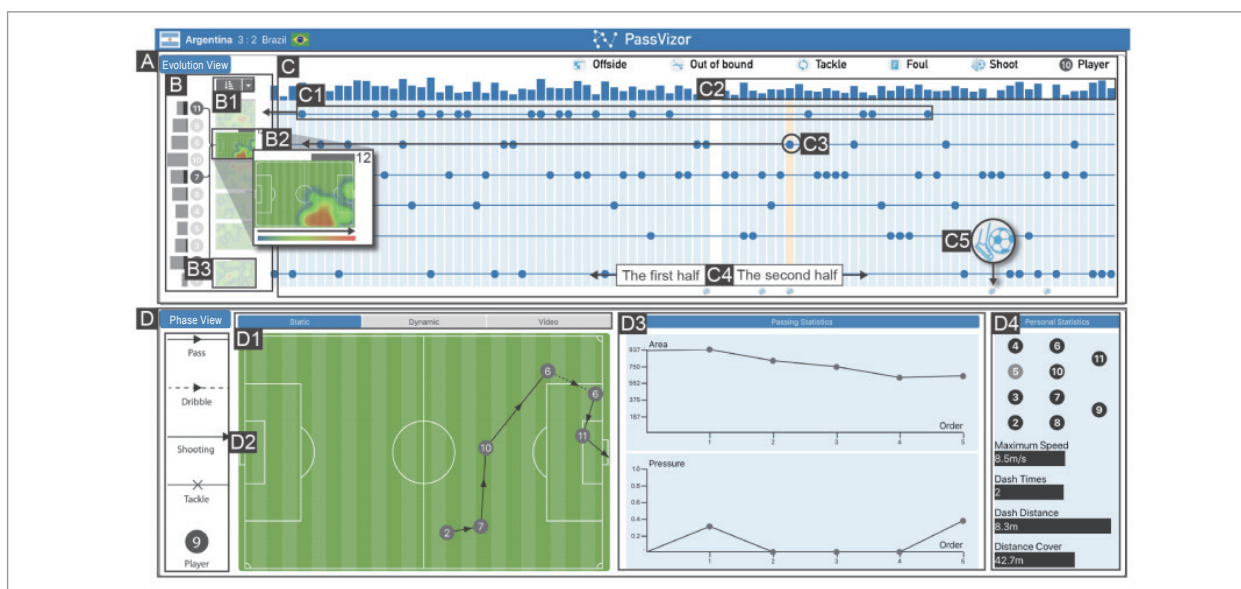


图7 PassVizor的系统界面^[14]

的需求将图标绘制到原视频中。通过系统提供的视频增强方法, 数据分析师能够采用熟悉的分析方法进行分析, 提高了分析效率。系统的工作流程如图8所示。其中图8中的(A)为球员按帧检测的结果, (B)为从原视频中提取变换后的全景视频, (C)为球员在全景视频中的投影, (D)为球员在平面上的投影, (E)为原视频增强后的结果。

针对足球比赛视频可视分析, Fischer M T等人^[17]在2019年通过在视频中添加可视化元素标注的方式帮助用户更好地理解比赛视频。Feng N等人^[18]在2020年采用计算机视觉技术对足球比赛视频进行分割, 并对球员在场上的位置进行标注和分析。

3.3.2 足球比赛时空轨迹的可视分析

直接对足球比赛中的球员轨迹和球轨迹进行分析能够使数据分析师直观、清晰地了解足球比赛中的细节, 这对于足球比赛分析十分重要。Janetzko H等人^[19]在2014年提出了基于球员特征对足球比赛中的轨迹进行聚类分析的可视分析系统。系统首先选取球员轨迹的统计数据特征, 如速度、

方向、球员与球之间的距离等, 将这些特征组合为归一化的特征向量, 并进行降维处理, 最后将降维后的结果进行聚类, 得到相似的球员轨迹数据集合。系统的可视化界面如图9所示。分析师可以根据分析需求对聚类选项进行调整, 聚类得到的结果显示在界面右上角的小图标中。同时, 系统提供了平行坐标轴和地平线图, 可对每个特征的具体值进行展示, 并支持对多个球员的对比分析。

Janetzko H等人^[20]在2016年提出了采用基于平行坐标轴的方法对足球运动员的高维属性进行展示的可视分析系统。该系统对图9中系统采用的平行坐标轴进行了改进, 通过在每个属性的坐标轴上绘制统计图表(如堆叠柱状图、箱线图、小提琴图(violin plot)等)对球员特征的分布进行概览, 分析师可以通过概览球员特征筛选感兴趣的轨迹, 并进行详细分析。系统也支持对不同类别的球员进行对比分析。

为了从不同的时空角度对足球轨迹数据中体现的战术进行探索, Andrienko G等人^[21]提出了基于时空轨迹数据可视化对

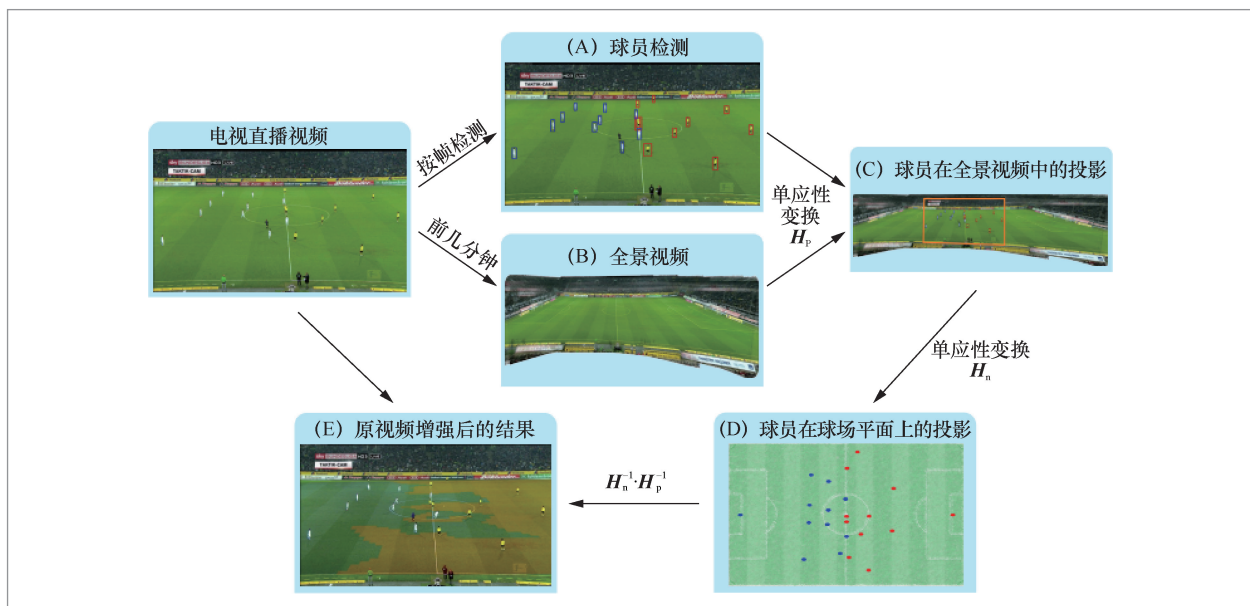


图8 Bring it to the Pitch 的系统工作流程^[16]

足球比赛战术进行分析的方法。该工作提出了一个分析框架，涉及交互式查询、查询结果的聚合，以及对查询结果中的模式进行直观的探索。该框架利用空间与时间之间的相互作用对足球比赛中的战术进行理解。如图10所示，对球员轨迹以及球的

轨迹进行空间变换，其中黄色轨迹表示多特蒙德队，红色轨迹表示拜仁慕尼黑队，右侧图表展示了对多特蒙德队进行轨迹空间变换的结果，分析师可以清晰地看出球员及球之间的相对位置。查询结果的聚合产生了一种新的运动集合，称之为伪轨迹，

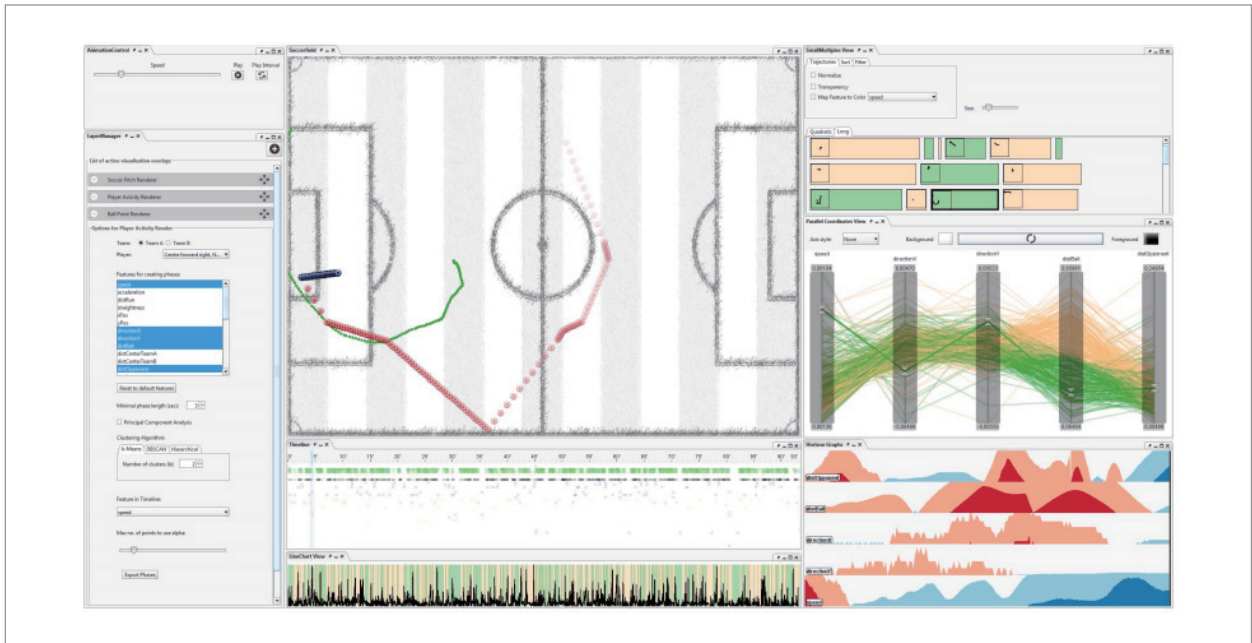


图9 基于球员轨迹特征的可视分析系统界面^[19]

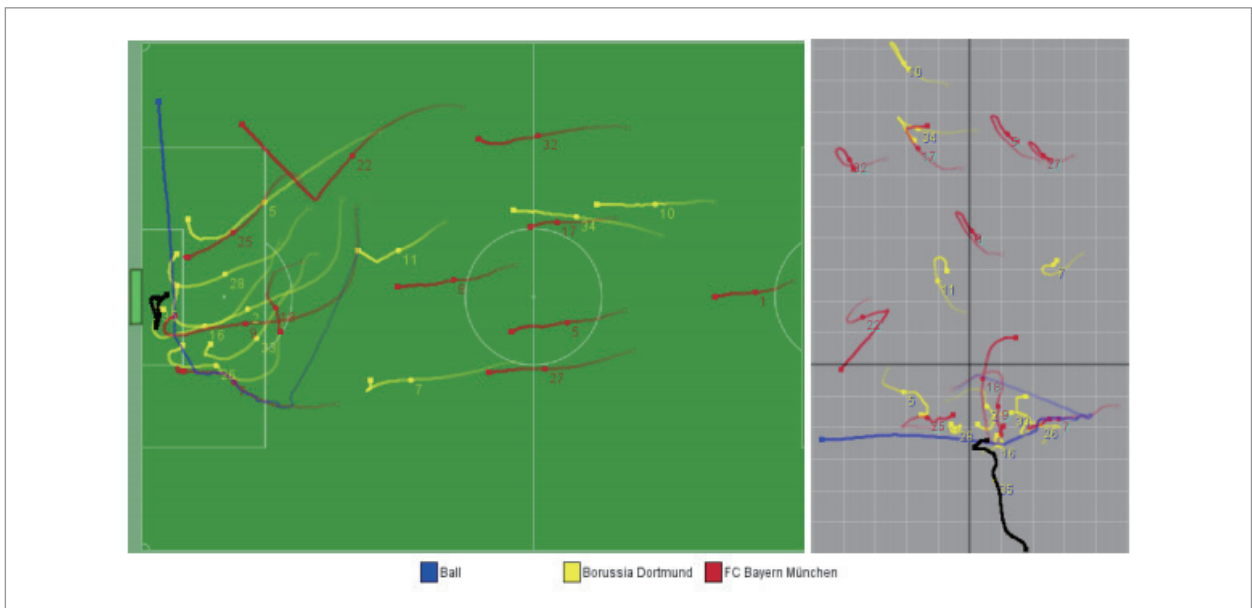


图10 球员轨迹及球轨迹的空间变换结果^[21]

其由沿抽象时间轴排列的广义位置组成。最终的聚合结果以可视化的方式显示,以便分析师探索、比较、评估球员运动轨迹随时间或空间的变化。

Andrienko G等人^[22]在2017年主要关注比赛的时空轨迹中体现的球员防守战术,通过计算球员之间的压迫面积来评估球队的防守效果。该工作设计了不同的可视化形式,例如采用球员运动轨迹的宽度编码防守球员对对方进攻球员的压迫值大小,采用热力图表示防守球员在球场上不同位置产生的压迫值。分析师可以通过上述可视化形式直观地评估球员在防守上的表现。Andrienko G等人^[23]在2018年研究了球员之间压迫面积的可视化,采用热力图、节点链接图、时空立方体(space-time cube)等形式展示球员的防守表现。

针对足球比赛时空轨迹可视分析,Stein M等人^[24]在2015年采用平行坐标轴等可视化形式对球员的轨迹特征进行直观的展示;Shao L等人^[25]在2016年采

用交互式的轨迹搜索来评估比赛形势;Andrienko G等人^[26]在2016年对球员轨迹进行空间变换和可视化;Sacha D等人^[27]在2017年采用多种轨迹聚类算法对比赛中的轨迹进行聚合和展示;Machado V等人^[28]在2017年采用基于热力图的形式展示球员位置随时间的变化;Stein M等人^[29-31]在2019年对轨迹进行了交互式的搜索,采用可视化的交互界面对轨迹进行标注,对球员轨迹和球的轨迹进行可视化和模拟预测分析等一系列工作。

3.3.3 足球比赛阵形的可视分析

足球比赛中的阵形可以体现比赛中球队采取的战术。在比赛中,球队的阵形是随时间变化的,并且包含了固有的空间信息。足球阵形的这种时空特性和足球数据的其他特性(如多变量特征)使得足球阵形分析成为一个具有挑战性的问题。如图11所示,可视分析系统ForVizor^[1]中设计了一

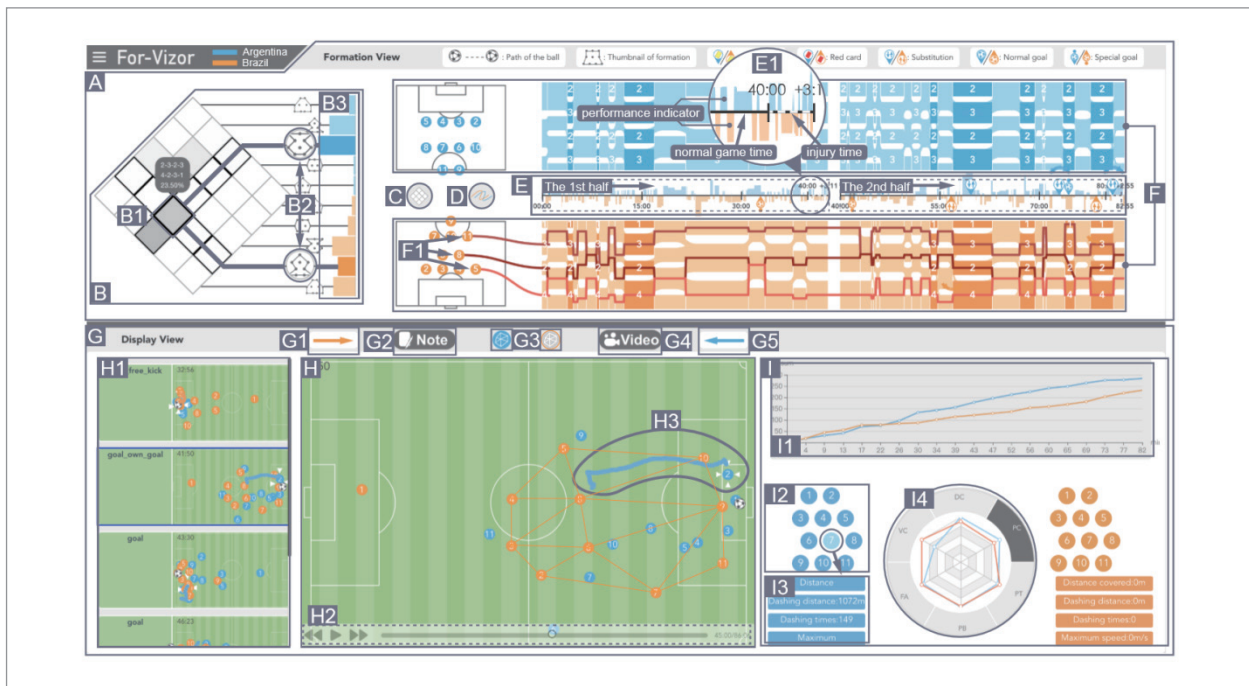


图 11 ForVizor 的系统界面^[1]

种新颖的阵形变化的可视化形式。系统通过阵形检测算法对球员的轨迹数据进行处理,并输出比赛中不同时刻对应的每支球队的阵形。系统的可视化界面包含阵形视图和展示视图。在阵形视图中,足球分析师可以通过矩阵的可视化形式了解两支足球队在比赛中常用的阵形,通过新的可视化设计阵形流直观地跟踪整场比赛中阵形的变化和球员在阵形中的移动,并比较两支球队的阵形变化模式以及观察阵形和比赛情况之间的关系。分析师可以进一步在展示视图中获取详细的球队阵形的上下文信息(如球员在球场上的真实位置),并使用有用的统计指标进行详细分析。

针对足球比赛阵形可视分析,Perl J等人^[32]在2013年采用矩阵和折线图的形式对比赛中的阵形变化进行展示;Bialkowski A等人^[33]在2014年对比赛中的阵形进行检测,并采用热力图和散点图对阵形进行展示。

4 挑战和展望

可视分析技术能够支持数据分析师交互式地对数据进行分析 and 探索,帮助分析师清晰直观地得出结论,因此被广泛应用到足球比赛数据分析领域中。目前研究人员提出了许多有效的足球比赛数据可视分析方法。然而,该领域目前仍然存在许多挑战,主要的挑战和展望如下。

4.1 细粒度足球比赛数据的获取

足球比赛数据的获取是足球比赛数据分析必不可少的一个环节。然而,目前较易获取的数据主要是统计数据等粗粒度数据,事件数据和轨迹数据等细粒度数据的获取仍然存在很大难度。一方面,商业数

据公司采集的细粒度数据获取难度较大、成本较高;另一方面,使用视频标注系统标注数据的工作量较大,标注效率较低,同时也需要有稳定的高质量的视频源。目前研究人员能够获取到的足球比赛视频绝大多数是比赛直播视频,视频中的镜头切换较为频繁,并且视频的同一帧中只包含部分球员的信息,因此很难从比赛直播视频中采集所有球员的轨迹数据。轨迹数据可以从比赛全景视频中采集,然而,比赛全景视频需要通过在球场设置固定机位进行拍摄,很难从公开的比赛视频来源中获取。因此,如何获取大量高质量的视频源,进而高效采集足球比赛中的细粒度数据,仍然是目前足球比赛数据可视分析面临的巨大挑战。

4.2 足球比赛中防守战术的可视分析

足球比赛中球队采用的战术可以分为进攻战术和防守战术两个方面。目前绝大多数足球比赛数据可视分析的工作聚焦于进攻战术。然而,足球比赛中的防守战术也十分重要,在压迫对手空间、迫使对手失误进而夺回球权上起着不可或缺的作用。防守战术需要对比赛双方多个球员的轨迹进行多角度的分析,相比进攻战术更加困难。目前在足球比赛中防守战术的可视分析方面,仅Andrienko G等人^[22-23]在2017年和2018年对足球比赛中防守的压迫面积进行了可视化。因此,如何对足球比赛中球员在防守时的行为进行分析和评估,进而采用可视分析技术进行直观的交互式探索,将是十分具有前景的研究方向。

4.3 足球比赛中的解释性可视分析

足球比赛中的解释性分析主要指对比

赛中变量之间的关系进行解释,能够帮助分析师了解影响比赛的因素以及各个因素之间的因果关系。目前的足球比赛可视分析工作通常采用描述性分析的方法,主要通过足球分析师的领域知识对分析结果进行解释。然而,足球分析师对分析结果的解释存在一定的局限性,因此,需要采用解释性的方法对比赛数据进行更加深入的分析。解释性分析需要揭示变量之间影响的方向,需要考虑的因素更多,相比描述性分析更加困难。因此,对足球比赛数据进行解释性的可视分析将是未来该领域中的重要挑战。

4.4 与沉浸式技术结合的体育可视分析方法

沉浸式技术主要包括虚拟现实和增强现实等技术,能够使用户身临其境地对数据进行感知和交互,为可视分析提供了一种新的形式。目前已经有一些工作将沉浸式技术应用到数据的可视分析中。针对足球比赛数据,沉浸式技术能够使分析人员更加清晰直观地对球员的运动轨迹等比赛数据进行感知,从而提高分析人员的沉浸感。相比二维环境,三维环境下的视觉通道更多,因此,有效利用更多的视觉通道进行可视化设计是十分困难的。目前仍然缺乏能够应用到足球比赛数据中的沉浸式可视分析工作。设计并开发面向足球比赛的沉浸式可视分析工具是近年来比较有前景的研究方向。

5 结束语

近年来,随着可视分析技术的发展,足球比赛数据可视分析引起了越来越多研究人员的关注。本文主要对现有的足

球比赛数据可视分析工作进行概述。按照分析的数据类型,现有的足球比赛数据分析可以分为基于统计数据的分析、基于事件数据的分析、基于轨迹数据的分析3个类别。在现有工作基础上,本文进一步讨论了足球比赛数据可视分析面临的挑战和未来发展的方向。未来主要需要解决的问题有细粒度足球比赛数据的获取,以及将沉浸式技术等前沿技术应用到足球比赛数据可视分析中。

参考文献:

- [1] WU Y C, XIE X, WANG J C, et al. ForVizor: visualizing spatio-temporal team formations in soccer[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2019, 25(1): 65-75.
- [2] PERIN C, VUILLEMOT R, FEKETE J. A table!: improving temporal navigation in soccer ranking tables[C]// SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. [S.l.:s.n.], 2014: 887-896.
- [3] PERIN C, BOY J, VERNIER F. Using gap charts to visualize the temporal evolution of ranks and scores[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2016, 36(5): 38-49.
- [4] VUILLEMOT R, PERIN C. Sport tournament predictions using direct manipulation[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2016, 36(5): 62-71.
- [5] VUILLEMOT R, PERIN C. Investigating the direct manipulation of ranking tables for time navigation[C]// The 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2015: 2703-2706.
- [6] RUSU A, STOICA D, BURNS E, et al. Dynamic visualizations for soccer statistical analysis[C]// The 14th International Conference on Information

- Visualisation. Washington: IEEE Computer Society Press, 2010: 207–212.
- [7] RUSU A, STOICA D, BURNS E. Analyzing soccer goalkeeper performance using a metaphor-based visualization[C]// 2011 15th International Conference Information Visualisation. Piscataway: IEEE Press, 2011: 194–199.
- [8] RYOO M, KIM N, PARK K. Visual analysis of soccer players and a team[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2018, 77(12): 15603–15623.
- [9] CAVA R, FREITAS C D S. Glyphs in matrix representation of graphs for displaying soccer games results[C]// *The 1st Workshop on Sports Data Visualization*. [S.l.:s.n.], 2013, 13: 15.
- [10] WONGSUPHASAWAT K, GOTZ D. Exploring flow, factors, and outcomes of temporal event sequences with the Outflow visualization[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012, 18(12): 2659–2668.
- [11] PERIN C, VUILLEMOT R, FEKETE J. SoccerStories: a kick-off for visual soccer analysis[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, 19(12): 2506–2515.
- [12] STEIN M, JANETZKO H, LAMPRECHT A, et al. From game events to team tactics: visual analysis of dangerous situations in multi-match data[C]// *2016 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (TISHW)*. Piscataway: IEEE Press, 2016: 1–9.
- [13] GONÇALVES B, COUTINHO D, SANTOS S, et al. Exploring team passing networks and player movement dynamics in youth association football[J]. *PLoS One*, 2017, 12(1).
- [14] XIE X, WANG J C, LIANG H Y, et al. PassVizor: toward better understanding of the dynamics of soccer passes[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2020(99).
- [15] STEIN M, JANETZKO H, BREITKREUTZ T, et al. Director's Cut: analysis and annotation of soccer matches[J]. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2016, 36(5): 50–60.
- [16] STEIN M, JANETZKO H, LAMPRECHT A, et al. Bring it to the Pitch: combining video and movement data to enhance team sport analysis[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018, 24(1): 13–22.
- [17] FISCHER M T, KEIM D A, STEIN M. Video-based analysis of soccer matches[C]// *The 2nd International Workshop on Multimedia Content Analysis in Sports*. [S.l.:s.n.], 2019: 1–9.
- [18] FENG N, SONG Z K, YU J Q, et al. SSET: a dataset for shot segmentation, event detection, player tracking in soccer videos[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2020, 79(39): 28971–28992.
- [19] JANETZKO H, SACHA D, STEIN M, et al. Feature-driven visual analytics of soccer data[C]// *2014 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST)*. Piscataway: IEEE Press, 2014: 13–22.
- [20] JANETZKO H, STEIN M, SACHA D, et al. Enhancing parallel coordinates: statistical visualizations for analyzing soccer data[J]. *Electronic Imaging*, 2016(1): 1–8.
- [21] ANDRIENKO G, ANDRIENKO N, ANZER G, et al. Constructing spaces and times for tactical analysis in football[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2021, 27(4): 2280–2297.
- [22] ANDRIENKO G, ANDRIENKO N, BUDZIAK G, et al. Visual analysis of pressure in football[J]. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2017, 31(6): 1793–1839.
- [23] ANDRIENKO G, ANDRIENKO N, BUDZIAK G, et al. Exploring pressure in football[C]// *The 2018 International Conference on Advanced Visual Interfaces*.

- New York: ACM Press, 2018: 1–3.
- [24] STEIN M, HÄUBLER J, JÄCKLE D, et al. Visual soccer analytics: understanding the characteristics of collective team movement based on feature-driven analysis and abstraction[J]. *International Journal of Geo-Information*, 2015, 4(4): 2159–2184.
- [25] SHAO L, SACHA D, NELDNER B, et al. Visual-interactive search for soccer trajectories to identify interesting game situations[J]. *Electronic Imaging*, 2016(1): 1–10.
- [26] ANDRIENKO G, ANDRIENKO N, BUDZIAK G, et al. Coordinate transformations for characterization and cluster analysis of spatial configurations in football[C]// *Joint European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*. Heidelberg: Springer, 2016: 27–31.
- [27] SACHA D, AL-MASOUDI F, STEIN M, et al. Dynamic visual abstraction of soccer movement[J]. *Computer Graphics Forum*, 2017, 36 (3): 305–315.
- [28] MACHADO V, LEITE R, MOURA F, et al. Visual soccer match analysis using spatiotemporal positions of players[J]. *Computers & Graphics*, 2017, 68: 84–95.
- [29] STEIN M, JANETZKO H, SCHRECK T, et al. Tackling similarity search for soccer match analysis: multimodal distance measure and interactive query definition[J]. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2019, 39(5): 60–71.
- [30] STEIN M, SEEBACHER D, KARGE T, et al. From movement to events: improving soccer match annotations[C]// *International Conference on Multimedia Modeling*. Heidelberg: Springer, 2019: 130–142.
- [31] STEIN M, SEEBACHER D, MARCELINO R, et al. Where to go: computational and visual what-if analyses in soccer[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2019, 37(24): 2774–2782.
- [32] PERL J, GRUNZ A, MEMMERT D. Tactics analysis in soccer – an advanced approach[J]. *International Journal of Computer Science in Sport*, 2013, 12(1): 33–44.
- [33] BIALKOWSKI A, LUCEY P, CARR P, et al. Identifying team style in soccer using formations learned from spatiotemporal tracking data[C]// *2014 IEEE International Conference on Data Mining Workshop*. Piscataway: IEEE Press, 2014: 9–14.

作者简介



曹安琪 (1997–), 女, 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室博士生, 主要研究方向为体育数据可视化。



陈泓宇 (2000–), 女, 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室本科生, 主要研究方向为数据可视化。



谢潇 (1994-), 男, 博士, 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室助理研究员, 主要研究方向为体育数据可视化和多媒体可视化。



巫英才 (1983-), 男, 博士, 之江实验室特聘专家, 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室教授、博士生导师, 主要研究方向为可视分析、信息可视化、人机交互。

收稿日期: 2020-12-31

通信作者: 巫英才, ycwu@zju.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.62072400); 浙江省杰出青年科学基金资助项目 (No.LR18F020001)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (No.62072400), Zhejiang Excellent Youth Science Foundation (No.LR18F020001)